

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 0 月 7 日
Date of Application:

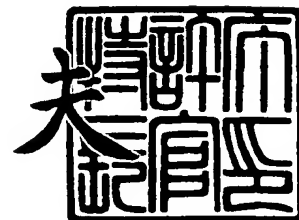
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 2 9 4 1 6 9
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 2 9 4 1 6 9]

出 願 人 シャープ株式会社
Applicant(s):

2 0 0 3 年 1 0 月 1 4 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 3 - 3 0 8 4 3 6 3

【書類名】 特許願

【整理番号】 02J02711

【提出日】 平成14年10月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G11B 5/73
G11B 11/10 500

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 佐藤 純一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 藤 寛

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100080034

【弁理士】

【氏名又は名称】 原 謙三

【電話番号】 06-6351-4384

【選任した代理人】

【識別番号】 100113701

【弁理士】

【氏名又は名称】 木島 隆一

【選任した代理人】

【識別番号】 100115026

【弁理士】

【氏名又は名称】 圓谷 徹

【選任した代理人】

【識別番号】 100116241

【弁理士】

【氏名又は名称】 金子 一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 003229

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208489

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 磁気記録媒体およびそれを用いた磁気記録装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、情報を磁気的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、

前記磁性層の表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 2】

基板と、情報を磁気的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、

前記磁性層の表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 3】

基板と、情報を磁気的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、

前記磁気記録媒体の磁性層側表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 4】

基板と、情報を磁気的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、

前記磁気記録媒体の磁性層側表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上であることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項 5】

前記凹凸形状は、前記基板と磁性層との間に非磁性金属元素からなる下地層が設けられることにより形成されていることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 6】

前記非磁性金属元素が、アルミニウムであることを特徴とする請求項 5 記載の

磁気記録媒体。

【請求項 7】

25℃以上の磁氣的補償温度を有することを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 8】

前記磁性層は、情報を加熱および磁界の印加によって磁氣的に記録するためのものであることを特徴とする請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体。

【請求項 9】

請求項 1 ないし 8 のいずれか 1 項に記載の磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、

前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を磁性層に印加する磁界印加手段を備えることを特徴とする磁気記録装置。

【請求項 10】

請求項 8 に記載の磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、

前記磁性層を局所的に加熱する加熱手段と、

前記磁性層における加熱された領域の少なくとも一部に対して、前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を印加する磁界印加手段とを備えることを特徴とする磁気記録装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、磁性層の記録領域に対し光ビーム（熱源）による昇温および磁界の印加によって磁氣的に情報を記録する磁気記録装置に好適に用いられる磁気記録媒体およびそれを用いた磁気記録装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

近年、Blu-ray Disk (BD) や光磁気ディスクに代表される光メモ

り、およびハードディスクに代表される磁気メモリの高密度化は著しい。中でも高密度磁気記録再生技術の1つとして、熱アシスト磁気記録再生方式が開発されている。例えば、特開平4-176034号公報（特許文献1）には、略室温に補償点（磁氣的補償温度）を有するN形フェリ磁性体からなる磁性層が形成された磁気記録媒体、およびそれを使用したレーザ光による熱アシスト磁気記録再生方式（以下、第1の従来技術と称する）が開示されている。

【0003】

このような熱アシスト磁気記録再生方式では、記録時には、磁気記録媒体の記録領域をレーザ光により昇温させ、保磁力を十分に低下させた状態で、記録用磁気ヘッドにより外部磁場を記録領域に印加することで、情報の記録を行う。その際に記録ビットが形成される領域は、レーザ光照射領域と磁場印加領域とが重なり合う領域に限定される。すなわち、これらの位置関係を図11を用いて説明すると、磁気ヘッドによる磁場印加領域111と、レーザ光照射による昇温領域（光スポットに対応する）112との重ね合わせ部分が記録領域113となり、この記録領域113に、記録ビット114が形成される。その結果、従来と同様の数 μ m幅の記録用磁気ヘッドを用いながら、レーザ光のビームスポット径（昇温領域112の径；0.5 μ m以下）と同等の幅を持つ狭いトラック115を磁気記録媒体上に記録することが可能となる。

【0004】

また、再生時にも、磁気記録媒体の再生領域をレーザ光により昇温させ、残留磁化の強度を大きくした状態で、再生用磁気ヘッドにより再生領域から情報が読み出される。その際に再生される領域もまた、レーザ照射領域と再生ヘッド領域とが重なり合う領域に限定される。その結果、幅の広い再生用磁気ヘッドを用いながら、狭いトラックピッチで記録されたトラックをクロストークを抑えて再生することが可能となる。

【0005】

このようにして、第1の従来技術である熱アシスト磁気記録再生方式は、熱源にレーザ光を用いて磁場印加領域より狭い領域を選択的に昇温することにより、記録トラック幅を縮小すると共にクロストークを低減し、その結果、高密度の記

録再生が行えるという特徴を持っている。

【0006】

そして、前記の熱アシスト磁気記録再生方式では、磁気記録媒体として、下地層を備えない、もしくは、ディスク基板上に、下地層として窒化アルミニウム（AlN）膜を60nm成膜し、次いで、磁性層および保護層をこの順で成膜したものが用いられている。前記のAlN下地層は、光の反射を防止して昇温効率を高めるために設けられたものである。すなわち、前記のAlN下地層は、磁気記録媒体に入射した光の吸収率（磁性層に吸収される光の割合）を向上させ、記録感度を向上させるために使用されていた。

【0007】

また、特開平5-282648号公報（特許文献2）には、基板と磁性層との間に合金からなる下地層をスパッタ法などで形成し、記録媒体の表面に起伏（凹凸）を形成した磁気記録媒体（以下、第2の従来技術と称する）が記載されている。また、下地層の合金としては、In₉₅Zn₅（融点143.5℃）、Al_{2.2}Sn_{97.8}、Mg₉Sn₉₁、In₅₂Sn₄₈、Bi_{47.3}In_{52.7}等のような融点が350℃未満の合金が適していることも記載されている。前記特許文献2は、磁気記録媒体の磁気特性を向上させることも目的としているが、低コストで磁気記録媒体の表面に起伏を設けることにより、磁気記録媒体と磁気ヘッドとの吸着現象の発生を抑制することを主な目的としている。（特許文献2の「発明が解決しようとする課題」参照）。

【0008】

【特許文献1】

特開平4-176034号公報（公開日：平成4年(1992)6月23日）

【0009】

【特許文献2】

特開平5-282648号公報（公開日：平成5年(1993)10月29日）

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

情報記録媒体においては、記録周波数（磁界変調方式の場合には磁界印加の周

波数) を上げて、最短記録ビット長 (1 ビットの情報に対応する最小単位の記録ビットのトラック方向に沿った長さ; 図 1 1 の M に相当する) を短くすればするほど、高密度の記録が可能になる。

【0 0 1 1】

しかしながら、特開平 4 - 1 7 6 0 3 4 号公報に記載されている熱アシスト磁気記録方法では、用いられている磁気記録媒体の性能が不十分であったため、最短記録ビット長が 2 0 0 n m 以下の記録ビットを形成することは困難であり、記録密度の向上に限界がある。

【0 0 1 2】

これは、特許文献 1 で用いられている磁気記録媒体の記録再生評価を行った結果、最短記録ビット長が約 2 0 0 n m 以下に差し掛かる辺りから、信号品質が急激に劣化する現象が現われるという事実に基づいている。さらには、磁気記録媒体に形成された記録ビットを磁気力顕微鏡 (MFM; Magnetic Force Microscope) により観察した結果、最短記録ビット長が約 2 0 0 n m に差し掛かる辺りから、個々の記録ビットに乱れが生ずる現象、例えば、記録ビット同士が引っ付き合う現象や、記録ビットが消えて無くなる現象等が発生し、トラック幅の現象としてみると、トラック幅が次第に細くなり最終的には途切れを生じるという現象等が発生した。よって、従来の磁気記録媒体では、熱アシスト磁気記録装置としての信頼性を考えた場合、実際に使用できる最短記録ビット長は 2 5 0 n m が限界であった。

【0 0 1 3】

このように記録ビットの形状が安定しない要因の一つとして、交換相互作用力が考えられる。記録ビットが小さくなるに従い、記録ビットに働く力の中でも、交換相互作用力の占める割合は大きくなる。磁性層が、T b F e C o 磁性体等の略室温に補償点を有する N 形フェリ磁性体からなる場合には、交換相互作用力は、隣り合う記録ビットの磁化方向を同一方向に揃えるように働く力となる。特に、記録領域に対して昇温を行う熱アシスト記録再生法においては、記録時には著しく記録再生領域の磁気異方性 (保磁力) が低下するため、交換相互作用力の占める割合が大きくなる。そのため、記録ビットを形成しようにも、周辺の磁化に

より影響を受け、磁壁が簡単に移動してしまい、前記の現象につながると考えられる。最短記録ビット長が200nm以下の記録ビットを安定して形成するには、例えば、磁壁移動の束縛部位（ピンングサイト）を導入する等、磁壁移動を抑える何らかの手段が必要であった。

【0014】

特に、非晶質（アモルファス）磁性体からなる磁性層を備える磁気記録媒体では、磁性層の磁壁移動が起こりやすくなっており、磁性層の磁壁移動を抑制することが重要になる。すなわち、多結晶磁性体（例えばCoCr合金系磁性体）を磁性層に用いた磁気記録媒体では、記録ビットが結晶粒界により分離されるのに対し、非晶質磁性体からなる磁性層を用いた磁気記録媒体では、記録ビットが結晶粒界により分離されることがなく、磁気的には媒体全面に渡って連続している。そのため、記録ビット同士が交換相互作用力を及ぼしあう程度が比較的大きく、かつ、磁壁移動を妨げる要因が少なくなっている。従って、磁性層が非晶質磁性体からなる場合は、磁性層の磁壁移動を抑制することがより重要になる。そのため、磁性層に記録ビットよりも小さな凹凸を設け、ピンングサイトを多数導入する必要がある。

【0015】

前述した特許文献2には、起伏（凹凸）のある下地層を用いることにより、記録媒体表面に起伏（凹凸）を設けることが開示されている。しかし、第2の従来技術は磁壁移動の抑制に着目したものではなく、磁性層の例として、Co系の多結晶磁性層が記載されてある。このような多結晶磁性層では、前述した様に、微細な結晶粒界が存在するため、磁壁移動は起こりにくく、たとえ下地層により磁性層表面に凹凸を設けたとしても、これら凹凸が磁壁移動を抑制する役割は殆どないと考えられる。

【0016】

また、第2の従来技術では、凹凸下地層により起伏（凹凸）を設けることの主な目的は、磁気記録媒体表面に凹凸を形成し、磁気記録媒体と磁気ヘッドとの吸着を抑えることであるため、記録密度の改善に関しては考慮されていない。

【0017】

本発明は、前記従来の問題に鑑みなされたものであり、その目的は、十分な信号品質で高密度記録を行うことが可能な磁気記録媒体およびそれを用いた磁気記録装置を提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、基板と、情報を磁気的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、前記磁性層の表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の密度が $400\text{個}/\mu\text{m}^2$ （毎平方マイクロメートル）以上であることを特徴としている。

【0019】

前記構成によれば、磁性層の表面に、密度が $400\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以上の凹凸が形成されているので、前記凹凸が磁性層の磁壁移動をより短い距離に抑制するピンングサイトとして機能するのに十分な数の微細凹凸形状が形成されていることになる。従って、磁性層が、上述のように磁壁移動を起こしやすい非晶質磁性体からなるものであっても、磁気記録媒体に記録ビット長の短い微小な記録ビットを安定して形成することができる。また、このピンング効果は、非晶質磁性体から磁性層を有する磁気記録媒体において特に有効に機能するとも言える。これにより、高密度記録を行う場合においても、十分な信号品質を得ることができる。

【0020】

一方、凹凸の密度が $400\text{個}/\mu\text{m}^2$ 未満の場合には、ピンングサイトとしての凹凸の数が少なく、十分なピンング効果が得られない。

【0021】

なお、本願明細書において、「凹凸の密度」とは、 $1\mu\text{m}^2$ あたりに存在する凸部の個数を示している。また、「凹凸の密度」は、「凸部の径」（後述）の二乗の逆数として演算された値とする。つまり、例えば、凸部の径が 50nm の場合、凹凸の密度は $400\text{個}/\mu\text{m}^2$ となり、凸部の径が 10nm の場合、凹凸の密度は $10000\text{個}/\mu\text{m}^2$ となる。したがって、本願明細書において、「凹凸の密度は $400\text{個}/\mu\text{m}^2$ 以上である」とは、「凸部の径が 50nm 以下である」とことと同義である。

【0 0 2 2】

また、本願明細書において、「凸部の径」とは、凹凸表面における凸部の平均のピッチ、つまり、凸部の頂点からその最近接の凸部の頂点までの距離を、統計学的手法、例えば原子間力顕微鏡（A F M）による像のパワースペクトル密度（P S D）評価（後述）により求めた値を指すものとする。

【0 0 2 3】

また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、基板と、情報を磁氣的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、前記磁性層の表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上であることを特徴としている。

【0 0 2 4】

前記構成によれば、磁性層表面の凹凸の高さが、前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上と、上述した磁性層の磁壁移動を抑制するピニングサイトとして機能するのに十分な凹凸の高さであるので、記録ビット長の短い記録ビットであっても、安定して記録ビットが形成される。磁性層の平均層厚に対する前記凹凸の高さの割合が 2 % 未満であると、前記凹凸によるピニング効果が十分に得られない。

【0 0 2 5】

前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の 2 0 % 以下であることが好ましい。前記凹凸の高さが、前記磁性層の平均層厚の 2 0 % より高ければ、ノイズが増大し、記録再生特性が悪化するおそれがある。

【0 0 2 6】

なお、本願明細書において、「凹凸の高さ」とは、上記「凸部の径」に相当する径を有する凹凸の、最底部から最頂部までの高さの平均値を、A F M 像から以下のような手順により求めた値を指すものとする。すなわち、上記の「凸部の径」に相当する凸部の径を有する凹凸を A F M 像から複数個選択し、前記複数個の凹凸の断面図において最底部から最頂部までのそれぞれの距離を求め、それらの平均値を「凹凸の高さ」とした。

【0 0 2 7】

本発明の磁気記録媒体は、（１）上記磁性層上に、他の層、例えば、磁性層を

保護するための保護層や潤滑層等が形成され、最表面の層が磁性層の凹凸形状とほぼ同一形状の凹凸形状をなしている構成、(2) 上記磁性層上に他の層が形成されておらず、磁性層が露出している構成、(3) 上記磁性層上に、他の層、例えば、磁性層を保護するための保護層や潤滑層等が形成され、最表面の層が磁性層の凹凸形状と異なる形状の凹凸形状、あるいは平面形状をなしている構成、のいずれであってもよい。

【0028】

また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、基板と、情報を磁氣的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、前記磁気記録媒体の磁性層側表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴としている。また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、基板と、情報を磁氣的に記録するための非晶質磁性体からなる磁性層とを備える磁気記録媒体において、前記磁気記録媒体の磁性層側表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上であることを特徴としている。

【0029】

ここで、通常の磁気記録媒体では、磁性層上に形成される磁性体以外の層として保護層や潤滑層が形成され、これらの層は表面形状に殆ど影響しないので、磁性層の凹凸形状と磁気記録媒体の磁性層側表面の形状（最表面の層の凹凸形状）とがほぼ同一形状をなす。

【0030】

そのため、磁気記録媒体の磁性層側表面の凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上である上記構成の磁気記録媒体は、通常、磁性層表面の凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上である磁気記録媒体と同等の効果、すなわち、高密度記録を行う場合においても、十分な信号品質を得ることができるという効果を奏する。また、摺動特性や浮上特性も向上させることができる。

【0031】

同様に、磁気記録媒体の磁性層側表面の凹凸の高さが前記磁性層の平均層厚の 2 % 以上である上記構成の磁気記録媒体は、通常、磁性層表面の凹凸の高さが前

記磁性層の平均層厚の2%以上である磁気記録媒体と同等の効果、すなわち、記録ビット長の短い記録ビットであっても、安定して記録ビットを形成できるという効果を奏する。また、摺動特性や浮上特性も向上させることができる。

【0032】

また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、前記磁性層の表面の凹凸形状は、前記基板と磁性層との間に非磁性金属元素からなる下地層が設けられることにより形成されていることを特徴としている。

【0033】

前記構成によれば、磁性層表面あるいは磁気記録媒体表面の凹凸形状は非磁性金属元素を下地層として基板と磁性層の間に成膜することにより形成されており、磁性層あるいは磁気記録媒体表面に、400個/ μm^2 ～数千個/ μm^2 またはそれ以上の密度、あるいは前記磁性層の平均層厚の2%以上の高さで凹凸を容易に形成することができる。このような磁性層表面あるいは磁気記録媒体表面の凹凸は、下地層を備えない記録媒体には認められず、従来の熱アシスト磁気記録媒体に用いられている窒化アルミニウムを下地層として備えている記録媒体にも認められない。

【0034】

なお、本願明細書において、「非磁性金属元素」とは、非磁性金属元素単体ではなく、非磁性の金属単体または非磁性の合金を指すものとする。

【0035】

また、前記非磁性金属元素はアルミニウムであることが好ましい。

【0036】

前記構成によれば、基板と磁性層との間にアルミニウム膜が成膜されるので、磁性層の表面に密度が400個/ μm^2 以上の最適な密度、大きさの凹凸を形成することができる。例えば、磁性層の層厚を50nmとすると、アルミニウム膜は、例えば平均膜厚1～6nmとすればよく、その上部に磁性層、必要に応じて保護層、潤滑層を順次形成することにより、前記磁性層の表面に10～50nmの径の凹凸が形成される。このとき、凹凸の密度としては、400個/ μm^2 ～10000個/ μm^2 となる。また、このとき、前記磁性層表面の凹凸の高さ

は、前記磁性層の平均層厚の2%以上8%以下となる。

【0037】

以上のように、下地層としてアルミニウムを用いることで、表面に最適な凹凸形状が形成された磁性層を備えた磁気記録媒体を容易に得られ、高密度記録を行う場合においても、十分な信号品質が得られる。なお、前記磁気記録媒体表面の凹凸の大きさは、A1の膜厚等の作製条件により容易に制御することが可能である。

【0038】

また、アルミニウム膜は、低融点金属と比較して高い融点(660℃)を有しており、十分な耐熱性を有しているので、熱アシスト磁気記録の際の温度上昇により形状が変化するおそれがない。

【0039】

また、本発明の磁気記録媒体は、下地層が設けられていない以外は同一の構成を備える磁気記録媒体に対し、1.5倍以上の保磁力を有することが好ましい。

【0040】

前記構成によれば、上述の磁性層表面に形成された凹凸のピニング効果により、保磁力が磁性層に凹凸形状をなさない磁気記録媒体と比べて1.5倍以上であるので、安定して磁気ビットを保持することができる。

【0041】

また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、25℃以上の磁氣的補償温度を有することを特徴としている。

【0042】

これにより、熱安定性が高く、熱アシスト磁気記録に適した磁気記録媒体を提供することができる。

【0043】

前記の25℃以上の磁氣的補償温度を有する磁気記録媒体を実現するためには、下地層に合わせて磁性層の設計をすればよい。

【0044】

なお、本願発明において、「磁氣的補償温度」とは、キュリー温度未満で、見

かけ上の磁化が略0になる温度を指すものとする。

【0045】

また、本発明の磁気記録媒体は、前記の課題を解決するために、前記磁性層は、情報を加熱および磁界の印加によって磁氣的に記録するためのものであることを特徴としている。

【0046】

磁性層表面に凹凸を形成することによるピニング効果は、磁性層が加熱および磁界の印加によって情報を磁氣的に記録するためのものである場合に顕著に現われる。それは次のような理由による。加熱および磁界の印加によって情報を磁氣的に記録する場合においては、記録時に記録領域を昇温するため、磁性層は、保磁力が低下すると共に磁気異方性が著しく低下する。そのため、磁壁移動が起こり易く、磁壁移動の抑制がより重要となる。このように、加熱及び印加によって磁氣的に記録する磁気記録媒体は磁壁移動が起こりやすいため、磁性層上に形成された凹凸の高密度記録時の信号品質を向上させる効果がより一層顕著となる。

【0047】

また、本発明の磁気記録装置は、前記の課題を解決するために、以上のような磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を磁性層に印加する磁界印加手段を備えることを特徴としている。

【0048】

前記構成によれば、前記の特徴を備える磁気記録媒体を用いたので、十分な信号品質で高密度記録を行うことが可能な磁気記録装置を提供できる。

【0049】

また、本発明の磁気記録装置は、前記の課題を解決するために、以上のような磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、前記磁性層を局所的に加熱する加熱手段と、前記磁性層における加熱された領域の少なくとも一部に対して、前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を印加する磁界印加手段とを備えることを特徴としている。

【0050】

前記構成によれば、前記の特徴を備える磁気記録媒体を用いたので、十分な信号品質で高密度記録を行うことが可能な磁気記録装置を提供できる。

【0051】

また、前記構成によれば、磁性層を局所的に加熱すると共に、磁性層における加熱された領域の少なくとも一部に磁界印加手段により磁界を印加する磁気記録方式、すなわち、いわゆる熱アシスト磁気記録方式を用いたので、記録される領域が、光ビーム照射領域と磁界印加領域とが重なり合う領域に限定される。それゆえ、記録トラック幅を縮小することができ、高密度の記録が行える。

【0052】

さらに、熱アシスト磁気記録方式においては、記録時に記録領域（記録ビット）を昇温するため、磁性層は、保磁力が低下すると共に磁気異方性が著しく低下する。そのため、熱アシスト磁気記録方式においては、磁壁移動が起こり易くなると考えられ、磁性層表面の凹凸による磁壁移動の抑制がより重要となる。その結果、熱アシスト磁気記録方式においては、磁性層表面の凹凸による高密度記録時の信号品質を向上させる効果がより一層顕著となる。

【0053】

【発明の実施の形態】

本発明の実施の一形態について図1、図2、および図11に基づいて説明すれば、以下の通りである。

【0054】

本実施の形態に係る磁気記録媒体は、レーザ光による昇温によって記録領域に対し磁氣的に情報を記録または再生する熱アシスト磁気記録再生方法に用いられる磁気記録媒体である。

【0055】

図1に示すように、磁気記録媒体1は、基板2上に、非磁性金属元素からなる下地層3、加熱および磁界の印加によって情報を磁氣的に記録するための非晶質磁性体からなる非晶質磁性層（磁性層）4、保護層5、および潤滑層6をこの順で形成したものである。そして、下地層3表面には凹凸が形成され、この凹凸が非晶質磁性層4表面（保護層5側の表面）および磁気記録媒体1表面（潤滑層6

表面)に映し出され、非晶質磁性層 4 表面および磁気記録媒体 1 表面 (非晶質磁性層 4 側表面)に凹凸が形成されている。

【0056】

基板 2 としては、非晶質磁性層 4 側の面がほぼ平滑な基板であればよく、例えばガラス基板、アルミニウム (A1) 基板、プラスチック基板、シリコン基板等を用いることができるが、ガラス基板が特に好適である。基板 2 の平均粗さ (Ra) は、非晶質磁性層 4 に設ける凹凸をより目立たせるためにも、1 nm 以下であることが好ましいが、小さければ小さい方がより好ましい。

【0057】

また、下地層 3 は、その上に形成される非晶質磁性層 4 の表面に凹凸を形成するために用いる。そして、下地層 3 は、融点が 900℃以下の非磁性金属元素からなることが好ましく、融点が 700℃以下の非磁性金属元素からなることがより好ましい。このような比較的融点が低い非磁性金属元素としては、アルミニウム (A1; 融点 660℃) や、A1 合金 (A1 を主成分とするものは、一般に、融点 480℃~640℃程度)、亜鉛 (融点 420℃) およびその合金、マグネシウム (融点 649℃) およびその合金等が挙げられる。例えば A1 を平均膜厚が 1~6 nm の範囲で基板 2 上に成膜することにより、非晶質磁性層 4 表面に凹凸形状が形成される。なお、銀 (融点 962℃) や銅 (1083℃) 等のような非磁性金属元素を下地層 3 に用いると、融点が高すぎて、非晶質磁性層 4 表面に凹凸形状を形成できないので、好ましくない。

【0058】

一方、下地層 3 は、レーザ光による昇温される非晶質磁性層 4 に接しており、温度が上昇しやすいので、この温度上昇によって形状が変化することがないよう十分な耐熱性を有していることが好ましい。それゆえ、下地層 3 は、融点が 400℃以上の非磁性金属元素からなることが好ましく、融点が 600℃以上の非磁性金属元素からなることがより好ましい。下地層 3 に用いる非磁性金属元素として、融点 350℃以下の低融点金属、例えば、ビスマス (融点 271℃)、スズ (融点 232℃)、インジウム (融点 157℃)、ガリウム (融点 30℃)、これら金属を主成分とする合金 (例えば、融点 228.3℃の Al_{2.2}Sn_{97.8}、

融点 200°C の $\text{Mg}_{95}\text{Sn}_1$ 、融点 143.5°C の $\text{In}_{95}\text{Zn}_5$ 、融点 117°C の $\text{In}_{52}\text{Sn}_{48}$ 、融点 109.5°C の $\text{Bi}_{47.3}\text{In}_{52.7}$ 等は、耐熱性に劣るので、好ましくない。

【0059】

非晶質磁性層 4 は、記録ビットを形成することで情報を記録するという機能を有するが、上述のように非晶質磁性層 4 表面に凹凸形状を導入することで、凹凸が磁壁移動の束縛部位（ピニングサイト）として働き、安定して記録ビット長の短い記録ビットを形成することができる。

【0060】

非晶質磁性層 4 を構成する非晶質磁性体は、熱アシスト磁気記録が行える磁性体、すなわち、補償温度が室温付近である非晶質のフェリ磁性体であればよいが、非晶質の希土類-遷移金属合金であることが好ましい。非晶質の希土類-遷移金属合金としては、 TbFe 、 GdFe 、 DyFeCo 、 TbFeCo 等が挙げられるが、 TbFeCo が特に好ましい。なお、本願明細書において、「 TbFe 」のような合金の表記は、特定の組成比の合金を指すものではなく任意の組成比の合金を指すものとする。また、 TbFeCo 膜においてピニング効果を得るためには、基板 2 に Al 下地層を成膜した後、 TbFeCo 膜を成膜することが好ましい。

【0061】

保護層 5 は、磁気ヘッドとの接触時に非晶質磁性層 4 に傷が付かないように非晶質磁性層 4 を保護するためのものである。保護層 5 としては、特に限定されるものではないが、炭素層や窒化炭素層等の炭素系保護層が好適であり、その中でも特に炭素層が好適に用いられる。

【0062】

潤滑層 6 は、磁気ヘッドとの接触時の摩擦を低減するためのものである。潤滑層 6 としては、フッ素系潤滑剤、特にパーフルオロポリオキシアルカン（パーフルオロポリエーテル）系の潤滑剤が好適に使用される。

【0063】

そして、本実施形態に係る磁気記録媒体 1 では、下地層 3 上に設けられた非晶

質磁性層 4 表面に、400 個/ μm^2 以上の密度で凹凸が形成されている。

【0064】

これにより、非晶質磁性層 4 表面において、1 ビットの情報に対応する記録ビット中に多数の凹凸が存在することとなり、非晶質磁性層 4 表面の凹凸がピニングサイトとして十分な効果を発揮する。その結果、磁壁移動を効果的に抑制でき、非晶質磁性層 4 に高密度の情報を十分な信号品質で記録することができる。本実施形態に係る磁気記録媒体 1 では、熱アシスト記録再生用であり、また、磁性層が非晶質磁性体からなるために、磁性層の磁壁移動を抑制することがより重要になり、磁性層 4 表面の凹凸が磁性層の磁壁移動を妨げる効果がより顕著に現われる。

【0065】

また、非晶質磁性層 4 表面の凹凸がピニングサイトとしてより大きな効果を発揮するためには、1 ビットの情報に対応する記録ビット中にできる限り多く存在することが望ましいので、非晶質磁性層 4 表面における凹凸の密度は、800 個/ μm^2 以上であることがより好ましく、2500 個/ μm^2 以上であることがさらに好ましい。非晶質磁性層 4 表面における凹凸の密度は、2500 個/ μm^2 ～10000 個/ μm^2 であることが最も好ましい。

【0066】

また、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の大きさとしては、少なくとも凸部の径が、記録ビットのトラック幅（1 ビットの情報に対応する記録ビットのトラック方向に対する幅）より小さい方が好ましく、トラック幅の約半分以下であることがさらに好ましい。例えば、トラック幅を100 nmとする場合は、前記磁気記録媒体 1 表面の凸部の径は、100 nm未満であることが好ましく、50 nm以下であることがさらに好ましい。したがって、凸部の径は50 nm以下であることが好ましく、凸部の径が10～50 nmの範囲内であることがより好ましい。また、非晶質磁性層 4 表面に以上のような微細な凹凸を形成することで、磁壁移動が制限され、磁気ビット形状を必要外に変形させることなく、最短記録ビット長の短い記録ビットを安定して形成することが可能となる。これにより、非晶質磁性層 4 に高密度の情報を、十分な信号品質で記録することができる。

【0067】

また、後述する実施例の実験により、非晶質磁性層 4 表面の凹凸が前記ピニングサイトとしての効果を十分に発揮するには、前記凹凸の凹部の底から凸部の頂までの距離を「凹凸の高さ」とした場合、非晶質磁性層 4 の厚さの 2 % 以上であることが好ましい事がわかった。したがって、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の高さは、非晶質磁性層 4 の厚さの 2 % 以上であることが好ましい。例えば、非晶質磁性層 4 の層厚が 50 nm の場合には、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の高さが 1 nm 以上であれば、効果的に磁壁移動を抑制できる。また、磁壁移動をより効果的に抑制するために、凹凸の高さは、非晶質磁性層 4 の厚さの 5 % 以上であることがさらに好ましい。また、凹凸の高さは、1 nm 以上であることが好ましい。以上のように、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の高さを十分に高くすることで、効果的に磁壁移動を抑制でき、非晶質磁性層 4 に高密度の情報を十分な信号品質で記録することができる。

【0068】

なお、ここでは、下地層 3 上に設けられた非晶質磁性層 4 表面に、400 個/ μm^2 以上の密度で凹凸が形成されている磁気記録媒体 1 について説明したが、磁気記録媒体は、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の高さが非晶質磁性層 4 の厚さの 2 % 以上あるいは 1 nm 以上である場合には、下地層 3 上に設けられた非晶質磁性層 4 表面に 400 個/ μm^2 未満の密度で凹凸が形成されている構成であってもよい。この構成においても、非晶質磁性層 4 表面の凹凸の高さを十分に高くしたことで、効果的に磁壁移動を抑制できる。

【0069】

また、ここでは、磁気記録媒体 1 を熱アシスト磁気記録用磁気記録媒体として説明したが、磁気記録媒体 1 は、他の方式の磁気記録用の磁気記録媒体、例えば、磁界印加のみによって記録を行う磁気記録用の磁気記録媒体としても使用可能である。磁界印加のみによって記録を行う磁気記録用の磁気記録媒体の場合には、磁気記録媒体の磁気特性が面内の異方性を示し熱揺らぎの問題を生じることを回避できるように、凸部の径が 20 nm 以下（凹凸の密度が 2500 個/ μm^2 以上）であることがより好ましく、凸部の径が 10 ~ 20 nm（凹凸の密度が 2

500個/ μm^2 ~10000個/ μm^2)であることがさらに好ましい。

【0070】

また、磁気記録媒体1は、非晶質磁性層4上に保護層5と潤滑層6とを備える構成となっているが、これに限らず磁気記録媒体が保護層5あるいは潤滑層6のどちらか一方を備える構成でもよく、またどちらも備えていない構成でもよい。このように、保護層5および/または潤滑層6を省略した磁気記録媒体は、磁気ヘッドと磁気記録媒体との間隔を狭くすることができるため、超高密度記録が可能な媒体として期待される。

【0071】

また、上述した磁気記録媒体1では、その表面（潤滑層6の表面）に非晶質磁性層4表面と同様の凹凸が形成されていたが、前述した数値範囲の密度および/または前述した数値範囲の高さを持つ凹凸が非晶質磁性層4の表面に形成されてさえいれば、磁気記録媒体1の表面形状は特に限定されるものではない。したがって、例えば、磁気記録媒体1における非晶質磁性層4上の保護層5あるいは潤滑層6の表面を加工することによって、磁気記録媒体1表面の凹凸を削除してもよい。

【0072】

また、磁気記録媒体1表面の凹凸形状を非晶質磁性層4の表面の凹凸形状とは別の凹凸形状に変形させてもよい。その場合、少なくとも非晶質磁性層4の表面の凹凸形状が、前述した数値範囲の密度および/または前述した数値範囲の高さを持つことが好ましい。その場合、摺動特性や浮上特性を向上させることができる。保護層5あるいは潤滑層6の表面を非晶質磁性層4の表面の凹凸形状とは別の凹凸形状（例えば、非晶質磁性層4の表面の凹凸形状より滑らかな凹凸形状）となるように加工された磁気記録媒体は、摺動特性や浮上特性を上げることができる。すなわち、保護層5あるいは潤滑層6の表面を加工することで、非晶質磁性層4表面の凹凸形状と、磁気記録媒体1表面の凹凸形状とを、それぞれの目的（前者は記録密度を向上させる目的、後者は摺動特性や浮上特性を向上させる目的）に最適となるように設計することができる。

【0073】

なお、非晶質磁性層 4 に凹凸を形成する方法は、下地層 3 を設ける以外に、非晶質磁性層表面を直接、リソグラフィー法で加工する等の方法により形成してもよい。

【0074】

次に、前記磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置（磁気記録装置）の実施の一形態について説明する。

【0075】

図 2 に示すように、本実施形態の磁気記録再生装置は、熱アシストのためのレーザピックアップ（光照射手段）11、磁気ヘッド（磁界印加手段）12、および磁気記録媒体 1 を回転させるためのスピンドル（本体）13、および対物レンズ 15 を備えている。

【0076】

レーザピックアップ 11 は、レーザ光源（図示しない）を備えている。このレーザ光源は、非晶質磁性層 4 を局所的に加熱するための光ビーム（レーザ光）14 を磁気記録媒体 1 の基板 2 側から下地層 3 を通して非晶質磁性層 4 に照射するようになっている。対物レンズ 15 は、レーザ光源からの光ビーム 14 を非晶質磁性層 4 に集光するようになっている。

【0077】

磁気ヘッド 12 は、磁気記録媒体 1 に対してレーザピックアップ 11 と反対側の位置に配置されている。磁気ヘッド 12 は、非晶質磁性層 4 における光ビーム 14 が照射された領域の少なくとも一部に対して、前記非晶質磁性層 4 の磁化方向を決定するための磁界を印加するようになっている。

【0078】

次に、前記磁気記録再生装置を用いた熱アシストによる磁気記録媒体 1 の磁気記録方法について説明する。この方法では、磁界変調方式によって記録を行う。ただし、これに限らず、磁気記録媒体 1 は、光変調方式においても同様に記録可能である。

【0079】

まず初めに、レーザピックアップ 11 と磁気ヘッド 12 の位置合わせを行い、

光照射領域と磁場印加領域とを一致させてから、直流消去（DC イレース）により非晶質磁性層 4 の磁化方向を一定とする。つまり、非晶質磁性層 4 の磁化方向を初期化する。

【0080】

次いで、磁気ヘッド 12 による磁界印加と同時に、光ビーム 14 の照射による昇温を行うことにより、記録しようとする情報に応じて非晶質磁性層 4 の領域毎の磁化方向を決定する。

【0081】

すなわち、レーザピックアップ 11 内のレーザ光源から照射された光ビーム 14 は、図 2 に示すように、磁気記録媒体 1 内の非晶質磁性層 4 における所望の記録部位に集光され、光ビーム 14 が照射された記録部位の温度は、記録部位の保磁力が十分小さく（1 kOe 程度）なる温度まで上昇される。そして、記録したい情報を変調した信号磁界を磁気ヘッド 12 に印加して前記記録部位に記録する。この際、保磁力が低下してほぼ 1 kOe になっている部位のみ記録が行われる。次に、光ビーム 14 の照射を停止し、前記記録部位の温度が降下して、記録動作が終了する。

【0082】

以上のようにして、図 11 に示すように、磁気ヘッド 12 による磁場印加領域 111 と、レーザ光照射による昇温領域（光スポットに対応する）112 との重ね合わせ部分が記録領域 113 となり、この記録領域 113 に記録ビット 114 が形成される。

【0083】

なお、この熱アシスト磁気記録方式では、光ビーム（レーザ光）14 を磁気記録媒体 1 の基板 2 側から下地層 3 を通して非晶質磁性層 4 に照射するようになっているので、下地層 3 は、十分な量のレーザ光を透過しうるような薄い層厚、具体的には、少なくとも 100 nm 以下であることが好ましく、10 nm 以下であることがより好ましい。なお、磁気記録媒体 1 に対し、図 1 の潤滑層 6 側から光ビーム 14 を入射させる場合には、下地層 3 の厚みが 100 nm より厚くとも、レーザ光を遮蔽することはない。

【0084】

次に、前記磁気記録再生装置を用いた磁気記録媒体 1 の再生方法について説明する。

【0085】

まず、レーザピックアップ 11 内のレーザ光源から光ビーム 14 が非晶質磁性層 4 の再生部位に照射される。これにより、光ビーム 14 が照射された再生部位の温度が上昇すると共に、この再生部位の残留磁化が上昇する。この際、残留磁化が最大となる温度付近まで昇温するのが好ましい。なお、この時、光ビーム 14 が照射されていない部位から発生する残留磁化は小さい。これは、光ビーム 14 が照射されていない部位は室温に保たれているからである。

【0086】

そして、磁気ヘッド 12 により残留磁化の大きくなった再生部位からの漏れ磁束を検知する。次に、再生部位に対して行われている光ビーム 14 の照射を停止し、再生部位の温度が降下して、再生動作が終了する。

【0087】

なお、本実施形態では、本発明に係る磁気記録媒体に対して情報を記録する磁気記録装置として、磁気ヘッドによる磁界印加と、レーザ光による加熱によって記録を行う磁気記録装置を説明した。しかしながら、本発明に係る磁気記録媒体に対する情報の記録には、これに限らず、磁気ヘッドによる磁界印加のみによって記録を行う磁気記録装置を使用してもかまわない。しかし、高密度記録時の熱ゆらぎによる信号対雑音比（S/N比）の劣化を抑えるためには、加熱と磁界印加とを組み合わせた、いわゆる熱アシスト磁気記録方式の方が好ましい。また、本発明は、磁気光学効果によって信号を再生する光磁気記録媒体や光磁気記録装置に適用することも可能である。

【0088】**【実施例】**

以下、実施例および比較例により、本発明をさらに詳細に説明するが、本発明はこれらにより何ら限定されるものではない。

【0089】

なお、本願明細書において、「平均層厚」とは、以下のようにして間接的に求めた膜厚を指すものとする。すなわち、まず、測定対象の膜を構成する材料と同一の材料を、測定対象の膜の成膜条件と同じ条件で、膜厚に対して膜表面の凹凸が無視できるほどに十分な層厚に成膜し、得られた膜を試料とする。次いで、この試料の膜厚を測定し、膜厚の測定値と成膜時間とから、成膜速度（単位時間当たりに成膜される膜厚）を算出する。そして、この成膜速度を基に、測定対象の膜の成膜時間から測定対象の膜（層）の膜厚（平均層厚）を求める。この平均層厚は、層の質量を密度に応じた層厚に換算したものとも考えることもできる。

【0090】

アルミニウム膜の平均膜厚は、次の方法で求めた。まず、所定の条件でアルミニウム膜を25分間だけ成膜し、その後、微小段差測定器によりアルミニウム膜の膜厚を求めると、70 nmであった。したがって、平均の成膜速度は、毎分2.8 nmと算出された。そして、前記の条件と同一の条件で、種々の成膜時間でアルミニウム膜を成膜し、成膜時間と成膜速度（毎分2.8 nm）との積を平均膜厚とした。

【0091】

〔実施例1〕

以下に、実施の1例である磁気記録媒体の作製方法を説明する。

【0092】

まず、基板2としてのガラスディスク基板の上に、下地層3としてアルミニウム膜（以下、「A1下地層」と称する）を平均膜厚が3.7 nmとなるように成膜した。成膜には直流（DC）マグネトロンスパッタ法を用い、スパッタ圧は0.5 Paとした。

【0093】

次に、前記A1下地層の表面上に、非晶質磁性層4としてTbFeCo膜を平均膜厚が50 nmとなるように成膜した。成膜には、直流（DC）マグネトロンスパッタ法を用い、スパッタ圧は0.45 Paとした。なお、TbFeCo膜は、組成比がTb23原子%（以下at%と言う）、Fe60at%、およびCo17at%の合金をスパッタのターゲットとして用いて成膜された。成膜された

TbFeCo膜は、約50℃に磁氣的補償点（補償温度）を持ち、キュリー温度は約250℃であった。

【0094】

次いで、TbFeCo膜上に、保護層5として、一般的なハードディスクに用いられている非晶質炭素（a-C）膜（C系保護層）を平均膜厚が10nmとなるように成膜した。成膜には、直流（DC）マグネトロンスパッタ法を用い、スパッタ圧は1.0Paとした。

【0095】

最後に、潤滑層6として、パーフルオロポリオキシアルカン系の潤滑剤をディップコートにより非晶質炭素膜表面に塗布し、膜厚0.8nmの潤滑剤膜を形成した。

【0096】

〔比較例1〕

比較のため、従来の構造である、下地層3を備えていない磁気記録媒体を作製した。下地層3を備えていない磁気記録媒体の作製方法は、磁気記録媒体表面の凹凸の効果を正確に評価するために、実施例1において、下地層3としてのA1下地層を成膜する工程を省く以外は全く同一の作製方法とした。したがって、本比較例の磁気記録媒体は、A1下地層を設けていない点以外は実施例1の磁気記録媒体と同様の構成を備えている。

【0097】

〔比較例2〕

比較のため、下地層3として、A1膜以外の凹凸を備える下地層を設けた磁気記録媒体を作製した。このとき、下地層3としては、Ag膜を使用した。このような磁気記録媒体の作製方法は、下地層の材質の違いによる効果を正確に評価するため、実施例1において、下地層3としてのA1下地層を成膜する工程をAg膜を成膜する工程とする以外は全く同一とした。なお、Ag膜の平均膜厚は、2.5nmとした。したがって、本比較例の磁気記録媒体は、下地層3としての平均膜厚3.7nmのA1下地膜の代わりに、平均膜厚2.5nmのAg膜を有する以外は、全く同様の構成を備えている。

【0098】

〔実施例2〕

次に、実施例1、比較例1、比較例2の磁気記録媒体の磁性層の表面観察像を、その法線方向から原子間力顕微鏡（AFM）により観察した。実施例1、比較例1、比較例2の顕微鏡写真をそれぞれ図3、図4、および図5に示す。

【0099】

磁気記録媒体の磁性層の表面観察のための試料は、実施例1、比較例1、および比較例2の磁気記録媒体において、保護層5および潤滑層6の成膜を省略し、最表面が非晶質磁性層4となる試料を作製した。すなわち、実施例1の試料は、ガラスディスク基板（基板2）上に、アルミニウム膜（下地層3）とTbFeCo膜（非晶質磁性層4）とを成膜したもの、比較例1ではガラスディスク基板上にTbFeCo膜を形成したもの、比較例2ではガラスディスク上にAg膜とTbFeCo膜とを形成したものとした。

【0100】

図3に示すように、下地層3としてAl膜を形成した実施例1の磁気記録媒体の磁性層は、表面に凸部の径が約30nmである微細な凹凸が高密度で観察された。

【0101】

一方、図4に示すように、下地層を設けない比較例1の磁気記録媒体の磁性層表面においては、凹凸は観察されたものの、それらの径は100nm以上と大きく、密度も少なかった。

【0102】

また、図5に示すように、下地層3としてAg膜を形成した比較例2の磁気記録媒体の磁性層表面には微細な凹凸は観察されなかった。よって、磁性層の層厚が50nmの場合は、下地層3として、Ag膜を設けたとしても磁性層表面に微細な凹凸は現れず、ピンング効果は少ないと考えられる。

【0103】

〔実施例3〕

次に、実施例1および比較例1で作製した磁気記録媒体の表面形状を原子間力

顕微鏡（AFM）により観察した。

【0104】

実施例1、比較例1の磁気記録媒体の表面、つまり潤滑層6表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した結果をそれぞれ図6、図7に示す。

【0105】

図6に示すように、下地層3としてAl膜を形成した実施例1の磁気記録媒体の表面においては、凸部の径が約30nmの微細な凹凸が高密度で観察された。また、このとき、凹凸の高さ（凹部の底から凸部の頂までの長さ）は、約4nmであった。ここで、磁性層4の層厚は50nmであることを考えると、前記凹凸の高さは磁性層の層厚の8%に相当する。

【0106】

それに対して、図7に示すように、下地層を設けない比較例1の磁気記録媒体の表面においては、凹凸は観察されたものの、それらの径は100nm以上と大きく、密度も少なかった。よって、磁壁移動を抑制するピニング効果はほとんどないと考えられる。

【0107】

これら図3、図4に示す磁性層表面の形状は、それぞれ図6、図7に示す磁気記録媒体表面の形状とほぼ同じとなったが、これは、保護層5と潤滑層6の厚みが10nm程度と薄いため、実際には、TbFeCo膜表面の形状がそのまま保護膜を通して磁気記録媒体表面まで映し出されているためである。つまり、磁気記録媒体表面の形状は、磁性層表面の凹凸形状と略同一となることが確認された。

【0108】

さらに、実施例1、比較例1および比較例2で作製した磁気記録媒体の表面形状について、凹凸の凸部の径の値を統計学的手法により測定するため、原子間力顕微鏡（AFM）で観察したAFM像（図6、図7に対応する）のパワースペクトル密度（PSD）評価を行った。

【0109】

PSD評価とは、信号のパワーを一定の周波数帯域毎に分割（周波数分離）し

、各帯域毎のパワーを周波数の関数として表したパワースペクトルを生成し、このパワースペクトルを分析することで、信号の波長分布を分析する統計学的手法である。本実施例のPSD評価では、原子間力顕微鏡（AFM）によって得られる、AFM観察像に現れる表面の凹凸形状を表す信号（波形が凹凸形状に相当し、その振幅が凹凸の高さ、その波長が凸部の径に相当する）を生成し、この信号の振幅を周波数分離してパワースペクトルを生成した。そして、パワースペクトルを、横軸を波長（つまり凹凸の凸部の径）、縦軸を信号の振幅（凹凸の振幅、つまり凹凸の高さ）の2乗としてプロットした曲線（PSD曲線）をグラフに表した。図8は、実施例1の磁気記録媒体の表面のAFM観察像から数値を算出して上述したようにプロットしたPSD曲線を表すグラフである。

【0110】

図8のPSD曲線は、波長が短くなるに従い単調減少する。図8のPSD曲線には、ある波長に変曲点Pが存在する。すなわち、変曲点Pを境に凹凸形状の、波長と振幅との比が、大きく変化する。より詳しくは、変曲点Pを超えると波長に対して凹凸の振幅がずっと小さくなる。このことは、磁気記録媒体表面に存在する構造物（凸部）の多くが、磁気記録媒体表面に変曲点Pの波長に対応する径を持つことを示している。この場合、変曲点Pの波長に対応する凸部の径は33nm程度であるので、図8のPSD曲線は、実施例1の磁気記録媒体表面に存在する凸部の径が、33nm程度であることを意味している。

【0111】

ここでいう「変曲点P」とは、PSD曲線の低周波数側と高周波数側について直線近似を行い、それぞれの外挿点が変わる交点を言う（図8に「変曲点P」の位置を示す）。

【0112】

よって、図3に示すA1下地層を備える磁気記録媒体1表面の凸部の径は、33nmであると見積もることができる。これは、図6の表面形状観察結果と照らし合わせても、図6表面に存在する微細な凹凸の粒径を正確に示していると言える。

【0113】

したがって、図3に示すAl下地層を備える磁気記録媒体1表面の凹凸は、凸部の径が33nmであり、凹凸の密度は920個/ μm^2 であった。

【0114】

一方、磁気記録媒体の表面に凹凸が形成されていない場合、PSD曲線には変曲点が現れない。比較例2で作製したAg下地層を備える磁気記録媒体、および、比較例1で作製した下地層を備えない磁気記録媒体表面のAFM観察像は、明瞭なピークがなく、また、AFM像にも明瞭な凹凸は観察されず、記録再生評価においても、周波数特性に関して目立った特性の向上は無かった。

【0115】

これにより、下地層3としてAl膜を用いることにより、容易にTbFeCo膜表面に凹凸形状を形成できることが判明した。

【0116】

なお、凹凸の密度（凹凸の径）は、実際のAFM像から所定面積の領域に存在する凹凸の個数を数える方法で求めることもできる。PSD曲線の正確な直線近似が難しい場合には、この方法で凹凸の密度を求めればよい。例えば、図3から実際に凹凸の個数を数え、算出した値は、凹凸の密度が200個/ $0.25\mu\text{m}^2 = 800\text{個}/\mu\text{m}^2$ 、平均粒径は $(0.25\mu\text{m}^2 \div 200\text{個})^{1/2} \approx 35\text{nm}$ となり、PSD曲線の直線近似の交点から求めた値とほぼ一致する。

【0117】

また、実施例1の磁気記録媒体のAl膜の凹凸の高さを1nm、2nm、3nm、4nm、5nm、6nmに変化させた6種類の磁気記録媒体を作製し、同様の観察を行った結果、TbFeCo膜の層厚が50nmの時は、凹凸の高さが1nm以上である場合に磁壁移動の抑制（ピニング）の効果があつた。つまり、磁性層に形成された凹凸の高さが磁性層4の層厚の2%以上であればピニングの効果が大きいことが分かった。これにより、記録密度の向上が可能となると考えられる。

【0118】

なお、ここで、凹凸の高さは、AFM像により目視で測定した。

【0119】

〔実施例 4〕

次に、実施例 1 で作製した磁気記録媒体、比較例 1 で作製した磁気記録媒体に対し、評価用の熱アシスト磁気記録再生装置を用いて、実際に情報の記録再生を行った。特に高密度記録の目安となる記録周波数特性の関係を詳細に調べた。また、形成された記録ビットの形状を、磁気力顕微鏡 (MFM) により観察した。

【0120】

評価用の熱アシスト磁気記録再生装置としては、前述した図 2 の構成を備える磁気記録再生装置を用いた。また、発振波長 650 nm のレーザ光源を備えるレーザピックアップ 11 を用い、開口数 (NA; Numerical Aperture) が 0.65 の対物レンズ 15 を用いてレーザ光を集光した。磁気ヘッド 12 には、GMR (Giant Magneto Resistive; 巨大磁気抵抗効果) 素子と薄膜誘導型磁気ヘッドとを一体化したものをを用いた。また、磁気ヘッド 12 の浮上量は、約 28 nm とした。スピンドル 13 の回転数 (磁気記録媒体 1 の回転数) は、3600 rpm とした。そのときの磁気記録媒体 1 の線速度は、11.2 m/sec であった。

【0121】

この評価実験では、まず、直流消去 (DC イレース) を行い、次いで、熱アシストによる磁気記録を行った後、熱アシストによる再生を行うことにより、磁気記録再生特性を測定した。直流消去の条件は、レーザ光源の出力 (レーザパワー) を 5 mW、磁気ヘッド 12 の磁界電流 (ヘッド磁界電流) を 20 mA とした。また、熱アシストによる磁気記録の条件は、レーザ光源の出力を 5 mW、磁気ヘッド 12 の磁界電流を 10 mA とした。また、熱アシストによる再生の条件は、レーザ光源の出力を 2 mW、GMR 素子のバイアス電流を 5 mA とした。

【0122】

本願発明者等は、磁気記録媒体の高密度記録化の指標として、記録周波数特性、すなわち、磁界印加の周波数 (記録周波数) を変化させたときの信号品質の変化を求めた。

【0123】

また、本評価実験では、記録周波数が変化したときの搬送波信号レベル (C 値) および雑音レベル (N 値) を測定し、その比、すなわち搬送波対雑音比 (C/

N値)を、記録ビットの信号品質を評価するパラメータとして求めた。得られた測定結果(記録周波数特性)を図9に示す。

【0124】

図9に●印で示したプロットは、A1下地層を用い、表面に微細な凹凸を設けた実施例1の磁気記録媒体1の記録周波数特性の測定結果である。実施例1の磁気記録媒体1は、記録周波数が5MHzから50MHzまでの範囲において、C/N値の低下(落ち込み)の傾きが目立って大きくなることはなく、約40dB以上を保持できることが分かった。さらに、磁気力顕微鏡による磁気像の観察においても、記録周波数が5MHzから100MHzまでの範囲でトラック幅の狭化や途切れが起きないことが確認された。したがって、磁気記録媒体1は、良好な記録周波数特性および良好な記録特性が得られることが分かった。

【0125】

また、前記周波数にて記録された磁気ビットの大きさと、実施例1の磁気記録媒体の凹凸の大きさを比較すると以下の通りである。磁気記録媒体の線速度は11m/secなので、例えば、記録周波数が50MHzでは磁気ビットの長さが110nmとなり、トラック幅が1000nmの場合には、磁気ビットのサイズが110nm×1000nm、磁気ビットの面積が $1.1 \times 10^5 \text{ nm}^2$ ($0.11 \mu\text{m}^2$)となる。一方、実施例1の磁気記録媒体では、凸部の径(凹凸のピッチの平均)が上述の通り33nmであるので、1つの凸部(または凹部)の平均の占有面積は1090nm²となる。したがって、実施例1の磁気記録媒体に対して記録周波数50MHz、トラック幅1000nmで記録を行った場合には、1つの磁気ビット $1.1 \times 10^5 \text{ nm}^2$ ($0.11 \mu\text{m}^2$)の中には凸部(または凹部)が約100個含まれていることとなる。このとき、C/N値として約40dBを達成でき、良好な記録再生が可能である。

【0126】

更に、熱アシストのためのレーザ光源の発振波長を400nm、記録周波数を100MHzにて、小さな磁気ビットを形成して記録した場合、磁気ビットの長さは56nm、トラック幅が100nm、磁気ビットの面積は5600nm²となる。実施例1の磁気記録媒体では、1つの凹凸の占有面積が、上述のとおり、

1090 nm²であるので、1つの磁気ビットの中には、凸部（または凹部）が約5個含まれることとなる。このとき、C/Nの値は25 dBとなり、記録再生が可能であった。したがって、1つの磁気ビットの中に少なくとも5個の凸部（または凹部）があれば、必要最低限のC/Nが得られることが分かった。なお、上記磁気ビットの面積5600 nm²を密度に換算した場合、磁気ビット密度は115ギガビット毎平方インチ（=1平方インチ÷5600 nm²；17.9ギガビット/cm²）となる。

【0127】

つまり、実施例1の磁気記録媒体のように凹凸の密度が920個/μm²であれば、115ギガビット毎平方インチの高密度の記録が可能である。このように、磁気ビット密度100ギガビット毎平方インチ（15.5ギガビット/cm²）を得るためには、800個/μm²以上であることが好ましい。

【0128】

また、図9に■印で示したプロットは、下地層を用いず、表面に微細な凹凸を備えない比較例1の磁気記録媒体の記録周波数特性の測定結果である。この場合、C値は、25 MHzを境に大きく減少した。また、C/N値が約40 dB以上を保持できるのは、記録周波数が5 MHzから25 MHzまでの範囲だけであった。また、磁気像の観察においても、記録周波数が25 MHzを超えると、トラック幅の狭小化に加え、記録ビットが途切れる現象が起きた。これらは、記録周波数が25 MHzを超えると、急激に記録ビットが安定して存在できなくなり、信号品質が低下することを示している。

【0129】

なお、図示はしないが、下地層3として窒化アルミニウム（AlN）膜を用いた場合も、ほぼ、■印のプロットに近い値となった。また、下地層3として、Agを用いた比較例2の場合は、■印で示した比較例1よりは向上したものの、●印で示した実施例1には及ばなかった。

【0130】

さらに、実施例1と比較例1の磁気記録媒体について、試料振動型磁化測定装置（VSM）を用いて測定を行ったところ、実施例1の磁気記録媒体は、比較例

1の磁気記録媒体に比べ、保磁力が約1.5倍に向上していることが分かった。このことから、実施例1の磁気記録媒体は、形成した磁気ビットをより安定して保持できることが分かる。

【0131】

以上のように、実施例1の磁気記録媒体では、Al下地層を用いたことにより、比較例1の磁気記録媒体に比べて、磁気記録媒体としての性能が改善された。

【0132】

さらに、実施例1および比較例2の磁気記録媒体は、何れも非磁性金属元素である下地層を備えるにも関わらず、下地層3としてAl膜を用いた実施例1の磁気記録媒体では、銀膜を用いた比較例2の磁気記録媒体と比べて、磁気記録媒体としての性能、特に記録周波数特性(記録密度)が向上した。

【0133】

よって、下地層としてAlを用いることにより、容易に磁気記録媒体表面に凹凸を形成可能であり、より、記録ビットを安定して形成することができることが判明した。なお、Al下地層を設ける磁気記録媒体においては、磁気記録媒体表面の凹凸の凸部の径の大きさを変化させ、それぞれの熱アシストによる記録再生特性を調べた結果、前記凸部の径が10～50nmの場合、すなわち凹凸の密度が400個/ μm^2 ～10000個/ μm^2 の場合に、磁気記録媒体の記録密度を向上する効果が大きかった。

【0134】

また、下地層としてZn層またはMg層を用いた場合においても、下地層としてAl層を用いた場合と同様に記録密度を向上する効果が得られる。

【0135】

〔実施例5〕

熱アシストを行わず、室温で記録および再生を行う通常の磁気記録再生方式においても非晶質磁性層表面の凹凸の効果を確かめるため、次の試料を作製した。

【0136】

本実施例の磁気記録媒体は、その構成および作製方法は、基本的には実施例2の磁気記録媒体1と同様であり、基板2、Alからなる下地層3、TbFeCo

からなる非晶質磁性層（磁性層）4、炭素からなる保護層5、潤滑層6で構成され、非晶質磁性層4表面および磁気記録媒体表面に凹凸が形成されている。ただし、本実施例の磁気記録媒体は、室温において記録再生を行うことが可能となるように、非晶質磁性層4におけるT_bの量を調節した点が、実施例1の磁気記録媒体と異なる。すなわち、本実施例の磁気記録媒体は、非晶質磁性層4におけるT_bの量を増加させることにより、室温における保磁力を減少させると共に、室温における磁化を増加させることで、室温において記録および再生が可能な磁気記録媒体とした。

【0137】

本実施例では、A1からなる下地層3を備え、磁気記録媒体表面の凸部の径（＝非晶質磁性層4表面の凸部の径）がそれぞれ、10nm、20nm、および30nmである3種類の磁気記録媒体を作製した。また、比較用の磁気記録媒体として、下地層3を備えない以外は上記3種類の磁気記録媒体と同一の構成を備える磁気記録媒体（下地層無しの磁気記録媒体）を作製した。

【0138】

これら4種類の磁気記録媒体に対して記録再生を行い、記録再生特性を評価した。記録再生の方法としては、レーザ照射（熱アシスト）は全く行わず、通常の磁気記録装置と同じく磁気ヘッドのみにより行った。図10に、その時の記録再生評価結果を示す。

【0139】

図10のグラフから見て取れるよう、比較用の下地層なしの磁気記録媒体に比べ、本発明に係る非晶質磁性層4表面に凹凸を備える磁気記録媒体は、明らかに周波数特性が向上しており、高密度記録が可能となることが確認できた。C/N値が30dB以上の条件では、比較用の下地層なしの磁気記録媒体の場合には、記録周波数は60MHz以下であったが、本発明に係る凸部の径が10nm（凹凸の密度が10000個/μm²）の磁気記録媒体、および本発明に係る凸部の径が20nm（凹凸の密度が2500個/μm²）の磁気記録媒体では、100MHzを超える記録周波数を達成することができた。ただし、室温記録の場合には、熱アシスト記録のようにトラック幅を縮めることはできない。

【0140】

一方、凸部の径が30 nm（凹凸の密度が1111個/ μm^2 ）の磁気記録媒体は、比較用の下地層なしの磁気記録媒体の場合よりは周波数特性が向上していたが、磁気記録媒体の磁気特性が面内の異方性を示し、熱揺らぎの問題を生じた。したがって、熱アシストを行わない通常の磁気記録においては、凸部の径が30 nm以上の磁気記録媒体は、高密度記録にはあまり適さないことがわかった。よって、熱アシストを行わない通常の磁気記録においては、非晶質磁性層4表面の凹凸の凸部の径が30 nm未満（凹凸の密度が1111個/ μm^2 以上）となるよう前記磁気記録媒体を形成することにより高密度記録が可能であり、非晶質磁性層4表面の凹凸の凸部の径Dが10～20 nm（凹凸の密度が2500個/ μm^2 ～10000個/ μm^2 ）となるよう前記磁気記録媒体を形成することにより、より良好な高密度記録が可能となることがわかった。

【0141】

【発明の効果】

本発明の磁気記録媒体は、以上のように、磁性層の表面または磁気記録媒体の磁性層側表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の密度が400個/ μm^2 以上である構成である。

【0142】

前記構成によれば、磁性層の表面または磁気記録媒体の磁性層側表面に微細な凹凸が形成されるように磁気記録媒体を形成されるため、非晶質（アモルファス）磁性体からなる磁性層に安定して記録ビットを形成することができる。その結果、前記構成は、高密度記録を行う場合においても、十分な信号品質が得られるという効果を奏する。

【0143】

また、本発明の磁気記録媒体は、以上のように、磁性層の表面または磁気記録媒体の表面が凹凸形状をなし、前記凹凸の高さは、前記磁性層の平均層厚の2%以上である構成である。

【0144】

磁気記録媒体の磁性層の層厚に対する前記凹凸の割合が小さいと、前記凹凸に

よるピニング効果は弱まるが、前記構成によれば、磁性層全体に渡り、磁壁移動を抑制する効果が大きい。その結果、前記構成は、高密度記録を行う場合においても、十分な信号品質が得られるという効果を奏する。

【0145】

また、本発明の磁気記録装置は、以上のような磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を磁性層に印加する磁界印加手段を備える構成である。

【0146】

前記構成は、前記の特徴を備える磁気記録媒体を用いたことで、十分な信号品質で高密度記録を行うことが可能な磁気記録装置を提供できるという効果を奏する。

【0147】

また、本発明の磁気記録装置は、以上のような磁気記録媒体に対し、磁性層に情報を磁氣的に記録する磁気記録装置であって、前記磁性層を局所的に加熱する加熱手段と、前記磁性層における加熱された領域の少なくとも一部に対して、前記磁性層の磁化方向を決定するための磁界を印加する磁界印加手段とを備える構成である。

【0148】

前記構成は、前記の特徴を備える磁気記録媒体を用いたことで、十分な信号品質で高密度記録を行うことが可能な磁気記録装置を提供できるという効果を奏する。また、前記構成によれば、熱アシスト磁気記録方式を用いたので、記録される領域が、光ビーム照射領域と磁界印加領域とが重なり合う領域に限定される。それゆえ、記録トラック幅を縮小することができ、高密度の記録が行える。さらに、熱アシスト磁気記録方式においては、磁壁移動が起こり易く、磁気記録媒体表面の凹凸による高密度記録時の信号品質を向上させる効果がより一層顕著となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の実施の一形態に係る磁気記録媒体を示す断面図である。

【図 2】

本発明の実施の一形態に係る磁気記録装置を示す断面図である。

【図 3】

本発明の実施の一例に係る磁気記録媒体における非晶質磁性層の表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した様子を示す図である。

【図 4】

比較例の磁気記録媒体における非晶質磁性層の表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した様子を示す図である。

【図 5】

比較例の磁気記録媒体における非晶質磁性層の表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した様子を示す図である。

【図 6】

本発明の実施の一例に係る磁気記録媒体の表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した様子を示す図である。

【図 7】

比較例の磁気記録媒体における非晶質磁性層の表面を、その法線方向から原子間力顕微鏡により観察した様子を示す図である。

【図 8】

本発明の実施の一例に係る磁気記録媒体の表面から求めた、P S D 曲線である。

【図 9】

本発明の一実施例および比較用の磁気記録媒体の記録周波数特性を示すグラフである。

【図 1 0】

本発明の一実施例および比較用の磁気記録媒体の記録周波数特性を示すグラフである。

【図 1 1】

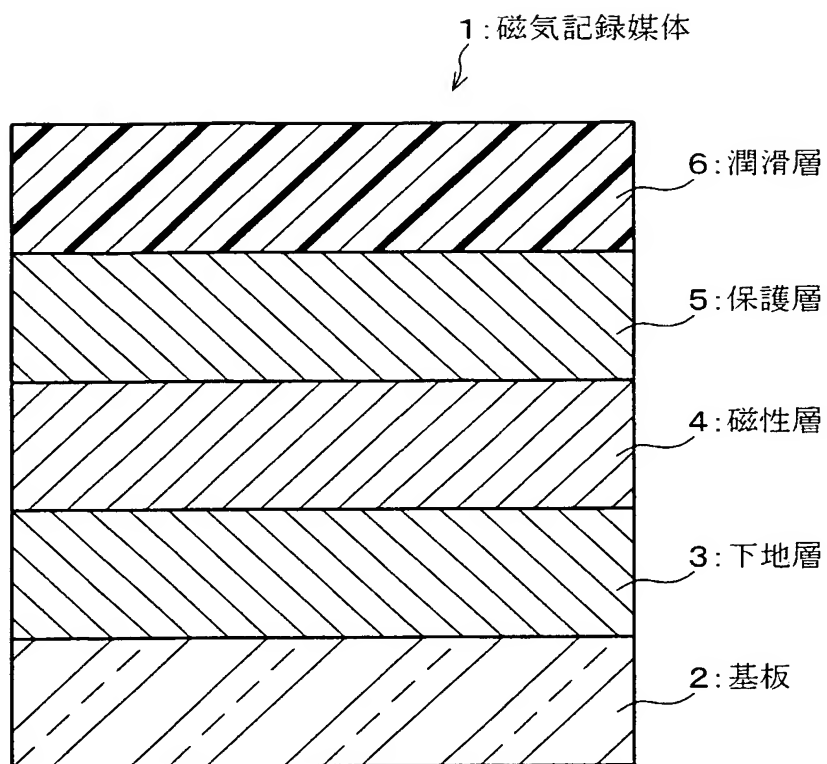
熱アシスト磁気記録方式における記録ビットの形成を説明するための説明図である。

【符号の説明】

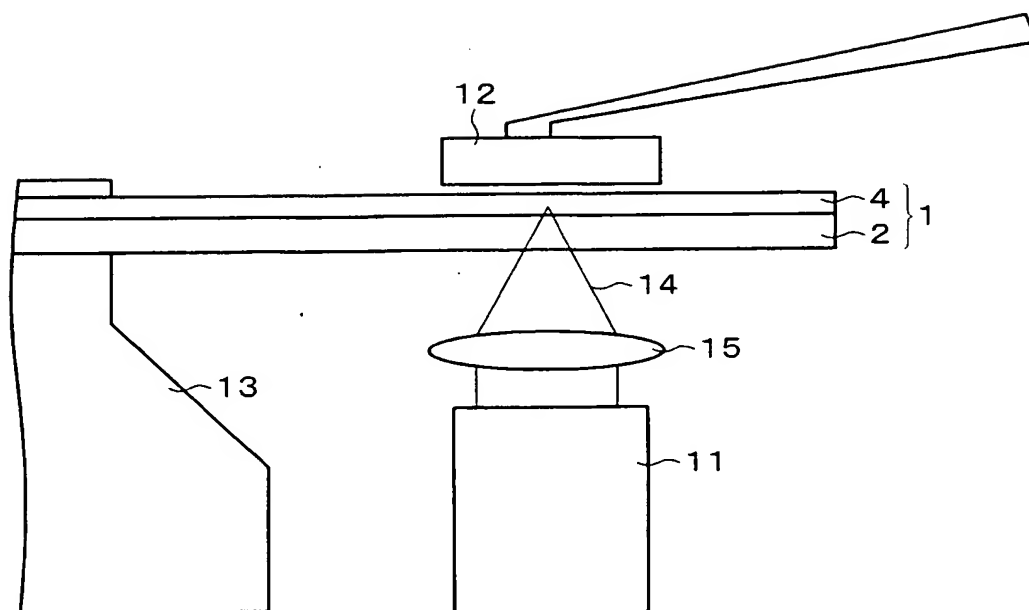
- 1 磁気記録媒体
- 2 基板
- 3 下地層
- 4 非晶質磁性層（磁性層）
- 5 保護層
- 6 潤滑層
- 1 1 レーザピックアップ（加熱手段）
- 1 2 磁気ヘッド（磁界印加手段）

【書類名】 図面

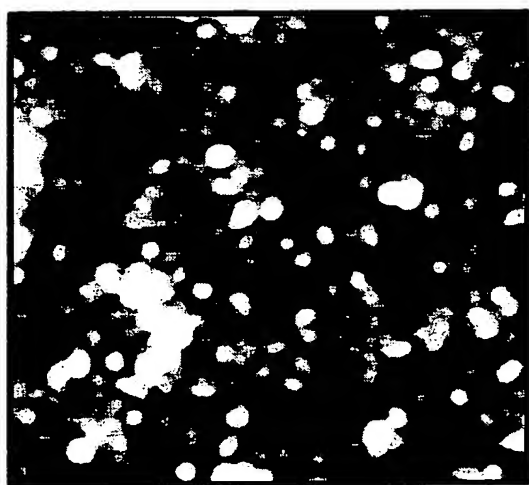
【図 1】



【図 2】

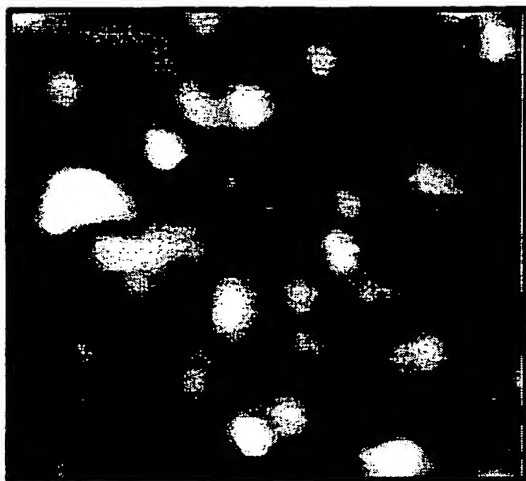


【図 3】



100 nm

【図 4】



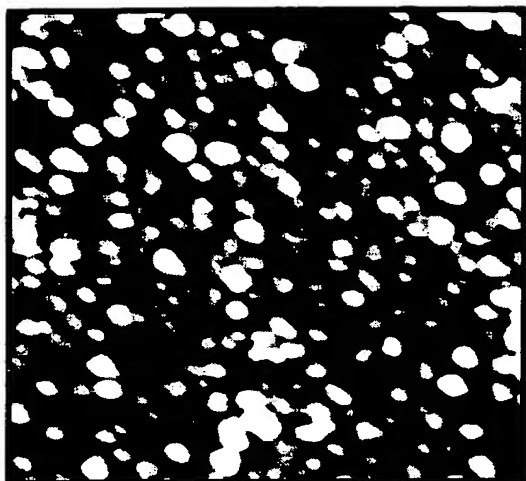
100 nm

【図 5】



100 nm

【図 6】



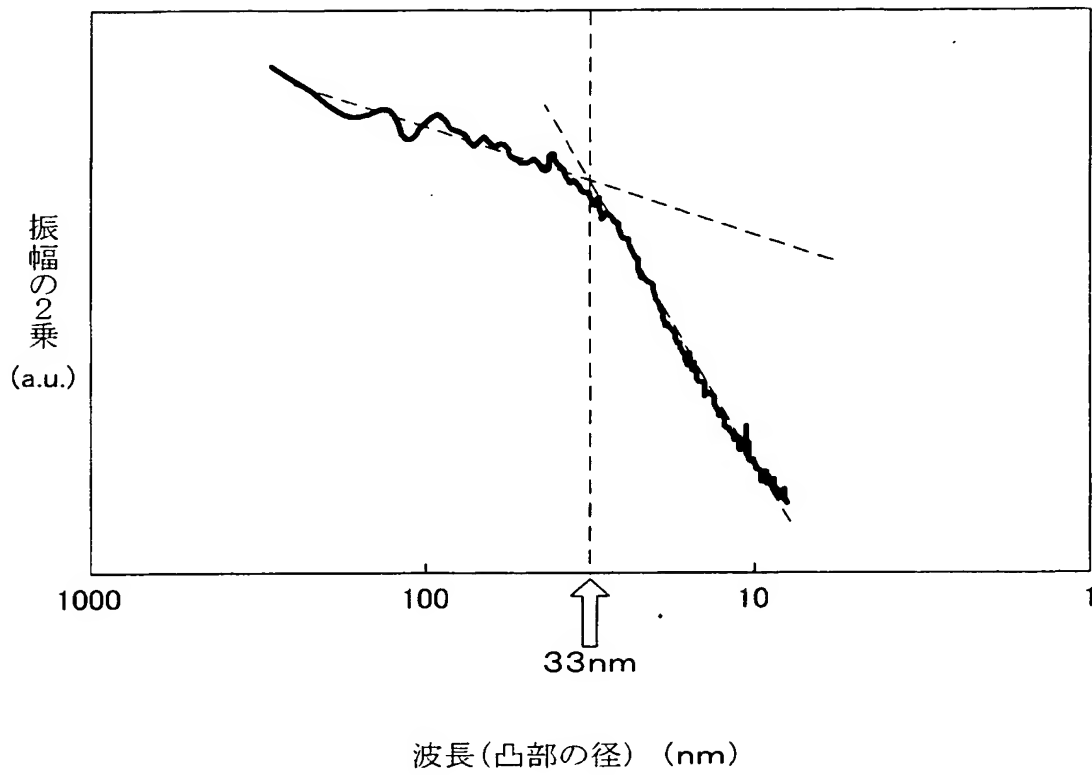
100 nm

【図 7】

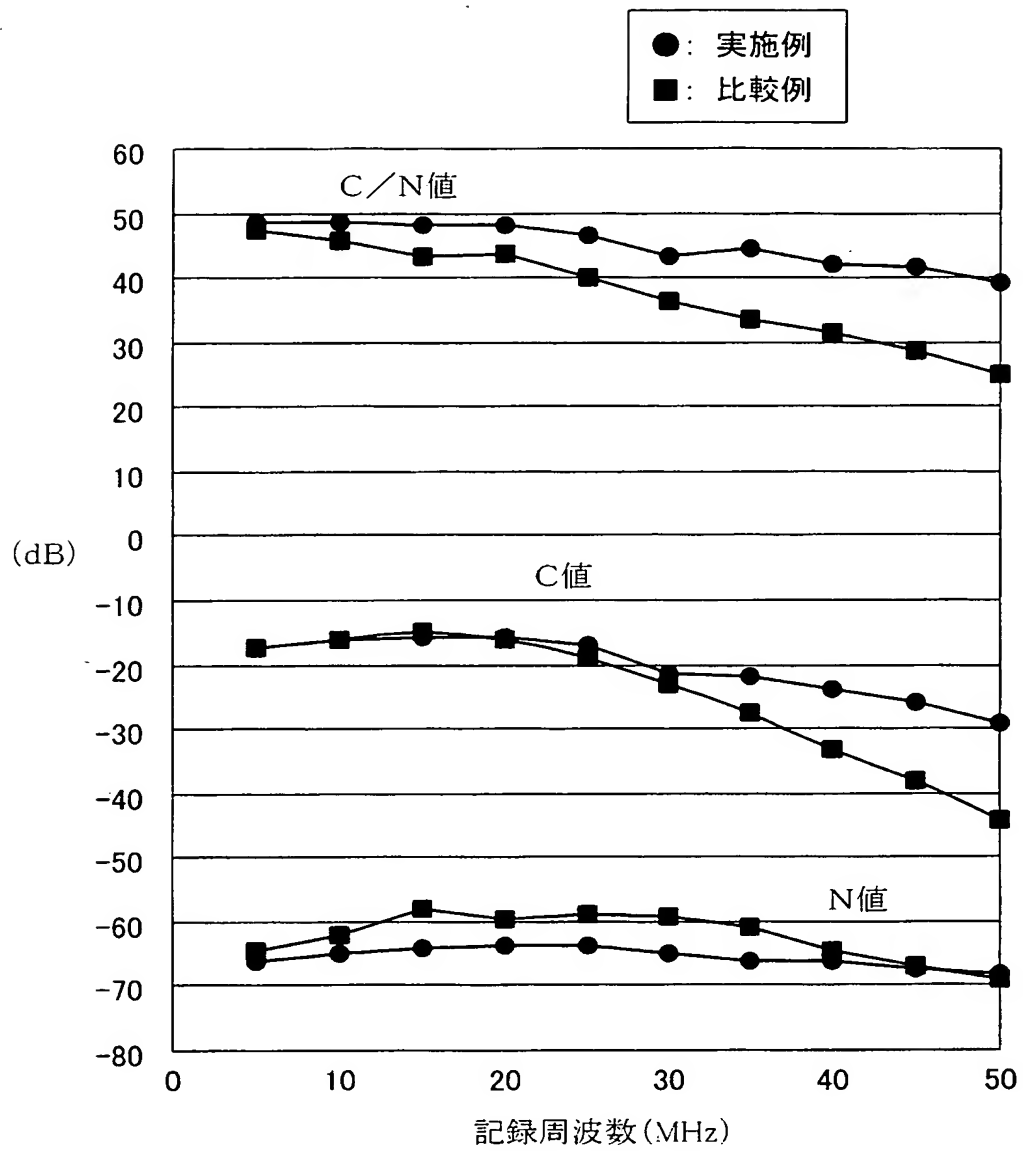


100 nm

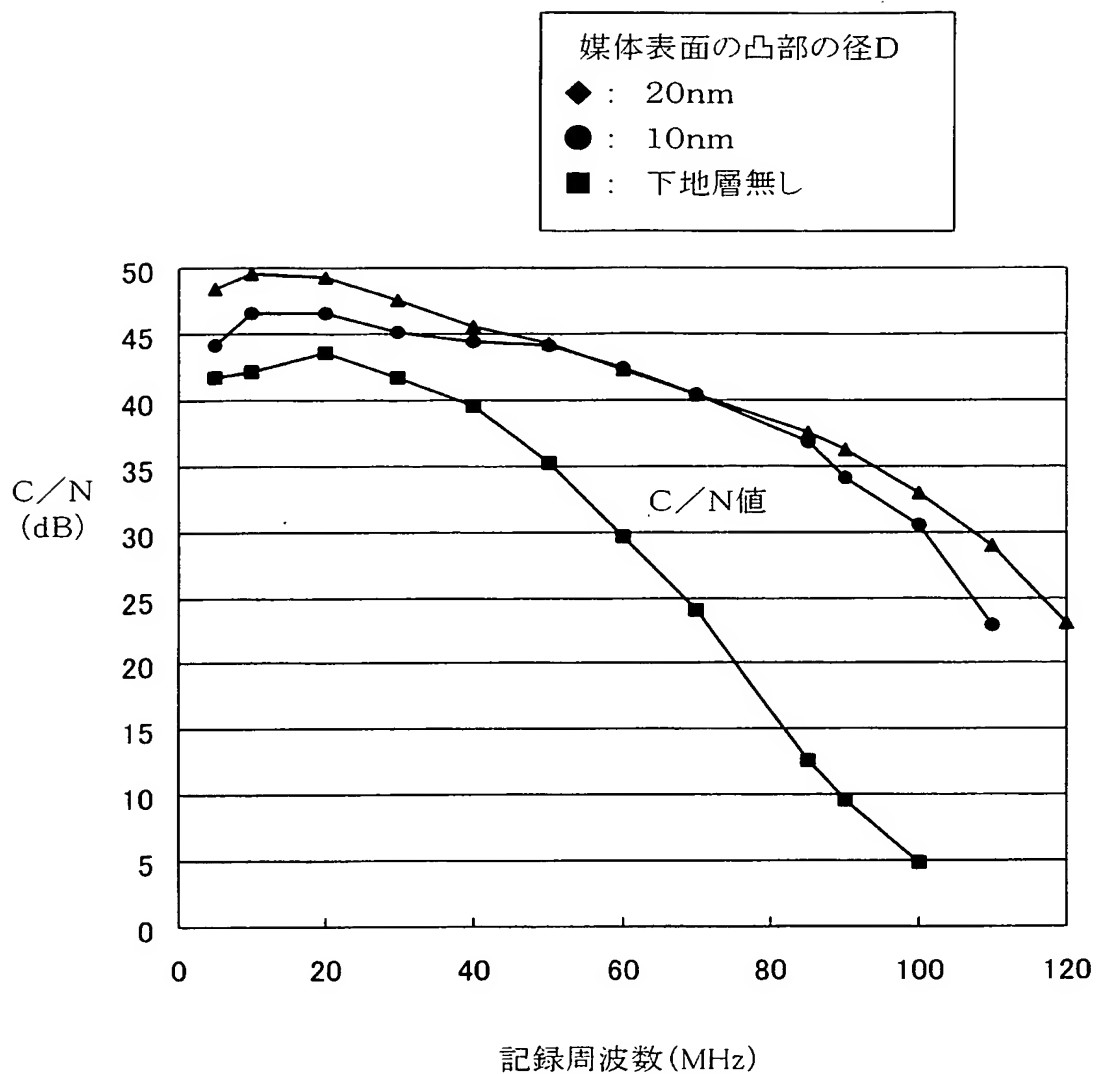
【図 8】



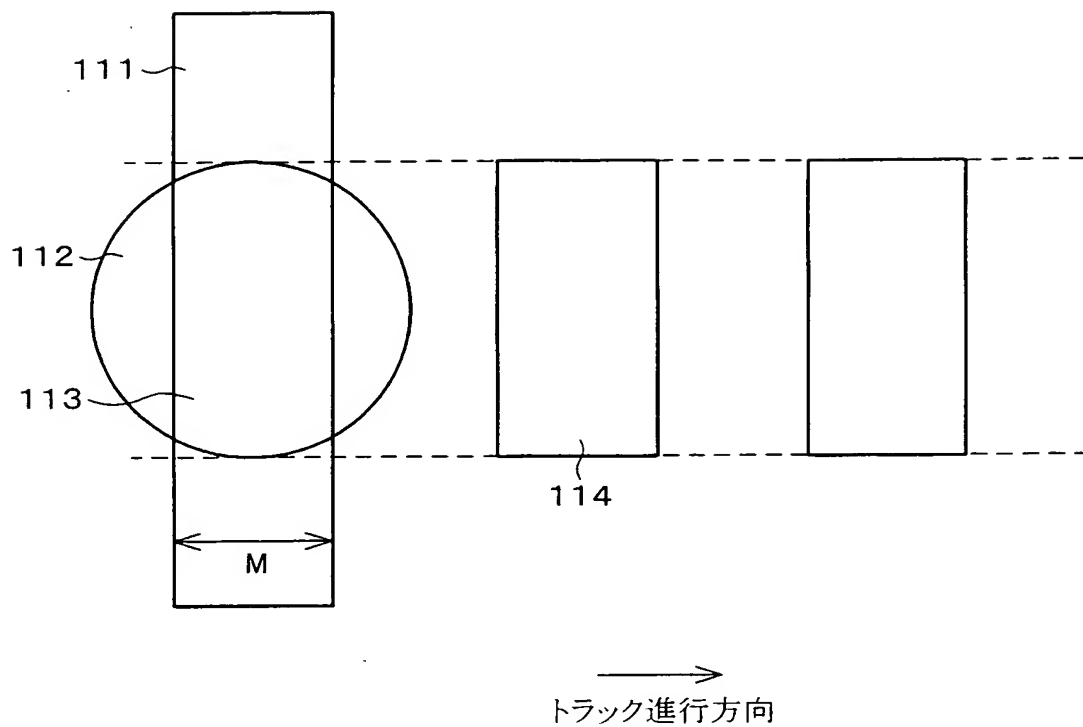
【図 9】



【図10】



【図 11】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 非晶質磁性層を磁性層とする磁気記録媒体において、微小な記録ビットを形成して高密度記録を行う場合でも、十分な信号品質で記録が可能な磁気記録媒体および磁気記録装置を提供する。

【解決手段】 少なくとも基板 2、非磁性金属元素からなる下地層 3 と、情報を磁氣的に記録するための非晶質磁性体からなる非晶質磁性層 4 とを備える磁気記録媒体 1 において、非晶質磁性層 4 表面または磁気記録媒体 1 表面（潤滑層 6 表面）に、凹凸の密度が $400 \text{ 個} / \mu\text{m}^2$ 以上、あるいは凹凸の高さが非晶質磁性層 4 の平均層厚の 2 % 以上となるように凹凸形状を形成する。これにより、非晶質磁性層 4 の磁壁移動が効果的に抑制され、その結果、微小な記録ビットを安定して形成できる。また、磁気記録媒体 1 に対し、非晶質磁性層 4 を局所的に加熱すると共に、加熱された領域の少なくとも一部に磁界を印加する磁気記録装置で情報を記録する。これにより、高密度記録を行うことができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 2 - 2 9 4 1 6 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 0 4 9]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 9 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

氏 名

シャープ株式会社